

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
29 janvier 2004 (29.01.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/010377 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G06T 5/00

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/002197

(22) Date de dépôt international : 11 juillet 2003 (11.07.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/09100 18 juillet 2002 (18.07.2002) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) :
MAUNA KEA TECHNOLOGIES [FR/FR]; 9, rue d'Enghien, F-75010 Paris (FR).

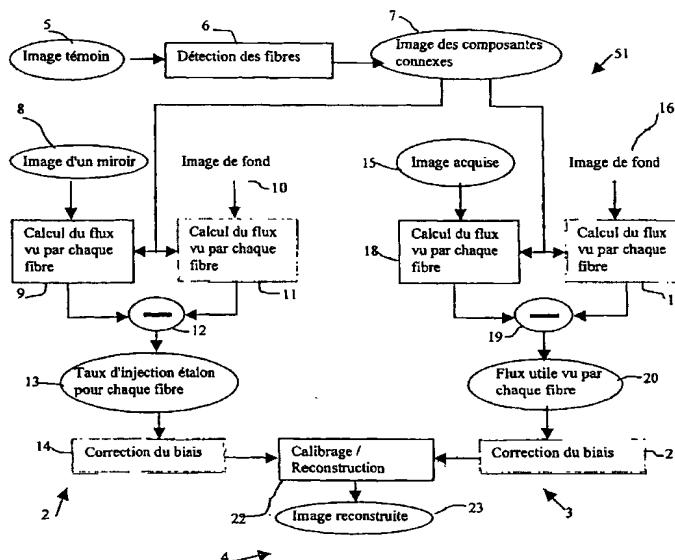
(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : PER-CHANT, Aymeric [FR/FR]; 24, rue des Cordelières, F-75013 Paris (FR). LE GOUALHER, Georges [FR/FR]; 42, rue Salvador Allende, F-92000 Nanterre (FR). BERIER, Frédéric [FR/FR]; 66, rue de Strasbourg, F-92400 Courbevoie (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR PROCESSING AN IMAGE ACQUIRED THROUGH A GUIDE CONSISTING OF A PLURALITY OF OPTICAL FIBERS

(54) Titre : PROCEDE DE TRAITEMENT D'UNE IMAGE ACQUISE AU MOYEN D'UN GUIDE COMPOSE D'UNE PLURALITE DE FIBRES OPTIQUES



5...TARGET
6...FIBER DETECTION
7...RELATED COMPONENT IMAGE
8...MIRROR IMAGE
9, 11, 17, 18...CALCULATING FLUX VIEWED BY EACH FIBER
10, 16... BACKGROUND IMAGE
13...SAMPLE INJECTION RATE FOR EACH FIBER
14, 21...BIAS CORRECTION
15...ACQUIRED IMAGE
20...FLUX VIEWED BY EACH FIBER
22...CALIBRATION/RECONSTRUCTION
23...RECONSTRUCTED IMAGE

(57) Abstract: The invention concerns a method for processing an image acquired through a guide consisting of a plurality of optical fibers. The invention is characterized in that it consists, for each optical fiber, in isolating on the acquired image a zone corresponding to said optical fiber, in locally processing each zone individually to correct the photon flux detected in each optical fiber, then in reconstructing the acquired image by eliminating the pattern caused by the optical fiber. The method also comprises a sampling process for obtaining, for each optical fiber and from a sampling image, a sample injection rate which can be used for reconstructing the acquired images. The invention also includes a prior step which consists in detecting the fibers from a target.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de traitement d'image acquise au moyen d'un guide constitué par une pluralité de fibres optiques. Selon l'invention, pour chaque fibre optique, on isole sur l'image acquise une zone correspondante à cette fibre optique, on traite localement chaque zone de façon individuelle pour corriger le flux de photon détecté dans chaque fibre optique, puis on reconstruit l'image acquise en éliminant le motif dû aux fibres optiques. Le procédé comprend également un processus d'étalonnage permettant

[Suite sur la page suivante]



(74) **Mandataires :** DE SAINT VIANCE, Isabelle etc.; Ponet Allano & Associés S.E.L.A.R.L., 25, rue Jean Rostand, Parc Club Orsay Université, F-91893 Orsay Cedex (FR).

(81) **États désignés (national) :** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés (régional) :** brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet

européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- *avec rapport de recherche internationale*
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

- 1 -

" Procédé de traitement d'une image acquise au moyen d'un guide composé d'une pluralité de fibres optiques."

5

La présente invention se rapporte à un procédé de traitement d'une image acquise au moyen d'un guide composé d'une pluralité de fibres optiques. Elle trouve une application particulièrement 10 intéressante dans le domaine de l'imagerie médicale. Toutefois l'invention est d'un cadre plus large puisqu'elle peut s'appliquer à tout domaine dans lequel on réalise de l'imagerie au moyen d'un guide composé d'une pluralité de fibres optiques. Le guide d'image permet d'obtenir une image. Un tel dispositif 15 permet de déporter le balayage laser et la source lumineuse et le récepteur loin de l'objet à observer. Par exemple dans un système à balayage laser avec obtention d'une image confocale, le guide d'image est un assemblage de plusieurs milliers de fibres optiques dont l'arrangement spatial est identique en entrée et en 20 sortie. L'observation d'un objet à travers ce guide pourrait être comparée à une observation via une grille, à cause de la perte d'information entre les fibres optiques. La visualisation est donc générée à cause de la présence des fibres optiques : le motif des fibres optiques apparaît sur l'image acquise. Cela impose un 25 traitement spécifique de façon à éliminer ce motif et améliorer la lisibilité de l'image.

Dans les systèmes actuels, ce traitement spécifique se limite à un filtrage linéaire de l'image acquise.

La présente invention a pour but de proposer un nouveau 30 procédé permettant de rendre les images acquises au moyen d'un guide multi-fibres lisibles.

Un autre but de l'invention est de prendre en compte les effets parasites dus à l'appareil d'acquisition dans le traitement de l'image acquise.

35 On atteint au moins l'un des objectifs précités avec un nouveau procédé de traitement d'image acquise au moyen d'un guide constitué par une pluralité de fibres optiques. Selon l'invention, pour chaque fibre optique, on isole sur l'image

- 2 -

acquise une zone correspondante à cette fibre optique, on traite localement chaque zone de façon individuelle, puis on reconstruit l'image acquise en éliminant le motif dû aux fibres optiques.

Avec le procédé selon l'invention, le fait d'isoler les 5 fibres optiques sur l'image, revient à isoler sur l'image, la zone correspondant à chaque fibre. Lorsque les pixels représentant l'injection majoritaire en terme de surface (zone d'influence) dans une fibre sont isolés, on peut alors effectuer des traitements locaux sur chaque fibre optique. La faible 10 diaphonie du guide et les réglages de l'injection permettent de garantir le fait que le contenu informatif de chaque fibre ne dépend pas de la fibre voisine, mais uniquement de la cohérence spatiale de l'objet observé. L'appareil réalisant l'acquisition d'image est réglé de façon à avoir suffisamment de pixels par 15 fibre : on peut ainsi estimer précisément l'information qui est détectée par cette fibre et qui est répartie sur les pixels représentant la fibre optique.

Ainsi, au lieu de traiter l'image de façon globale en réalisant un simple filtrage linéaire comme dans l'art antérieur, 20 dans le procédé selon l'invention on isole chaque fibre optique sur l'image acquise et on traite l'information détectée par chaque fibre optique. Avantageusement, l'appareil réalisant l'acquisition d'image est contrôlé pour garantir les conditions minimales d'efficacité du procédé selon l'invention. Pour ce 25 faire, on peut modifier le taux d'échantillonnage, la qualité d'injection dans les fibres optiques, et le réglage de la chaîne de détection afin de garantir un profil de type "boîte à œufs", notamment sur l'image témoin.

Avantageusement, lorsque les fibres optiques sont isolées 30 sur l'image et lorsque chaque zone isolée est traitée, de nombreuses applications peuvent être envisagées telles que :

- la reconstruction d'une image sans le motif des fibres : les fibres gênent la lisibilité et les traitements ultérieurs effectués sur l'image;

- le contrôle de la rugosité de la surface du guide, la rugosité va perturber le phénomène d'injection pour le rendre spatialement variant;

- le recalage des images, ou la stabilisation de l'image; le motif des fibres empêche tout recalage des images

- 3 -

entre elles, la connaissance de la place des fibres et de l'information observée permettent de recalier les images;

5 - la super-résolution : on peut utiliser des faibles mouvements dans l'acquisition d'une séquence d'images pour ré-échantillonner l'image avec une période spatiale plus faible, et donc obtenir une meilleure résolution;

10 - la quantification des images : on peut extraire beaucoup plus facilement et précisément des informations sur l'image sans le motif des fibres optiques,

15 - le contrôle temporel des paramètres internes de l'appareil d'acquisition : la connaissance de la place de chaque fibre et de leurs valeurs optimales d'injection permet de contrôler l'usure du guide, et les variations de certains paramètres optoélectroniques.

20 Dans le procédé selon l'invention, pour isoler chaque zone, on peut appliquer un masque, correspondant au motif des fibres, sur l'image acquise. Ce masque, correspondant à une image des composantes connexes représentant chaque fibre, est obtenu au cours d'une étape de détection des fibres à partir d'une image témoin.

25 L'image témoin est une image permettant de bien distinguer les fibres optiques les unes des autres. Elle peut être issue de l'observation d'un miroir, d'un milieu diffusant homogène, d'un milieu fluorescent homogène, elle peut aussi provenir de la rétro-diffusion propre à l'intérieur du paquet de fibres optiques. Mais elle peut encore être l'image acquise. A la sortie 30 de la détection, on obtient donc une image des composantes connexes (des segments) représentant chaque fibre optique. Chaque niveau de gris représente un index unique désignant une fibre optique dans le guide.

Selon l'invention, l'étape de détection des fibres peut comprendre les étapes suivantes :

35 - pré-filtrage de l'image témoin,

- segmentation par région, en utilisant l'algorithme de "ligne de partage des eaux" LPE,

- correction de segments présentant une surface anormalement grande, et

- 4 -

- correction de segments présentant une surface anormalement petite.

Les deux étapes de corrections sont interchangeables, et elles peuvent être réalisées de façon itérative.

5 Avantageusement, l'étape de pré-filtrage peut comprendre une étape d'ouverture morphologique suivie d'une étape d'inversion d'image. Avec l'ouverture morphologique numérique, on cherche à éliminer les maxima parasites situés sur les fibres optiques. C'est un pré-traitement classique de l'algorithme de "ligne de 10 partage des eaux" LPE effectué lors de la segmentation par région.

A la sortie du pré-filtrage, on obtient une image des fibres optiques filtrées de leurs maxima locaux, et lissées au niveau des zones inter-fibres.

15 L'étape d'inversion d'image peut être précédée d'une étape de diffusion anisotrope de type scalaire.

Selon l'invention, le pré-filtrage peut comprendre en outre une étape au cours de laquelle on réalise une interpolation au plus proche voisin pour doubler la taille de l'image en vertical 20 et en horizontal.

Avec cette étape d'interpolation, on cherche à simuler des éléments structurant de morphologie mathématique avec un rayon inférieur à un. L'image est doublée pour que l'ouverture morphologique qui suit ne touche pas aux maximum isolés, mais 25 seulement ceux qui sont 8-connexe, mais non 4-connexe (voisins par une diagonale). L'intérêt est de faire une sélection des maxima éliminés par l'ouverture.

Par ailleurs, en présence d'une pluralité d'images d'acquisition, le pré-filtrage peut comprendre en outre une étape 30 de filtrage temporel.

Avantageusement, le traitement local de chaque zone peut consister à calculer le flux de photon détecté pour chaque zone (correspondant à une fibre donnée) de l'image acquise, et à corriger le biais sur chaque valeur de flux ainsi calculée.

35 De préférence, on réalise le calcul de flux au moyen d'un estimateur du maximum de vraisemblance calculé sur un profil spécifique d'injection de chaque fibre. Plus précisément, on peut utiliser l'estimateur du maximum de vraisemblance sur la distribution d'amplitude du profil spécifique d'injection dans

- 5 -

chaque fibre optique. Le profil est une courbe représentant le taux d'injection en fonction de l'éloignement de la lumière par rapport au centre de la coupe transversale à l'extrémité de la fibre optique. Souvent ce profil est modélisé par une gaussienne.

5 Suivant un mode de mise en œuvre de l'invention, en appliquant également le masque sur une image représentant un fond parasite, on calcule également le flux de photon détecté pour chaque zone de l'image de fond, et on soustrait à chaque valeur de flux de chaque zone de l'image acquise, la valeur de flux de 10 chaque zone de l'image de fond correspondante, et on réalise la correction de biais sur le résultat de cette soustraction.

15 L'image de fond peut être les réflexions parasites sur les systèmes optiques de l'appareil d'acquisition, et donc y compris sur la sortie du guide d'image, mais elle peut également être le décalage, le bruit électronique, de la chaîne de numérisation de l'appareil d'acquisition. Le décalage correspond au terme communément appelé "offset". Si l'offset est dominant sur l'image, on ne peut pas obtenir le fond simplement en retirant l'image, car l'offset dépend du contenu, et n'est donc plus le 20 même. Dans ce cas, on utilise un quantile de l'histogramme pour l'estimer. L'histogramme est celui de l'image acquise lors de la mesure en temps réel, et celui d'une image d'étalonnage lors d'une étape d'étalonnage comme on le verra ci-dessous.

25 Le fond parasite peut provenir du fond de l'image ou d'un offset de la chaîne de détection.

30 Selon l'invention, la correction de biais peut consister à séparer spatialement les fibres en différents blocs, à estimer la valeur de biais dans chaque bloc, à interpoler les valeurs des biais de façon à obtenir une valeur de biais pour chaque fibre, et à diviser, pour chaque zone, la valeur de flux obtenue à l'étape précédente par la valeur de biais correspondante ainsi obtenue.

35 La reconstruction de l'image acquise peut faire intervenir une étape de calibrage pour calibrer le flux de l'image acquise, après traitement local, et une étape de reconstruction mosaique. On peut utiliser d'autres types de reconstruction, telles que par interpolation ou avec des bases de fonctions radiales.

- 6 -

Par ailleurs, la présente invention peut être mise en œuvre sans les étapes d'étalonnage et de calibrage. Dans ce cas, l'image témoin peut être l'image acquise.

Pour le calibrage et pour chaque zone de l'image acquise, on 5 peut diviser la valeur du flux obtenue après traitement local par une valeur de flux obtenue à la suite d'une étape d'étalonnage. Cette opération de division permet de compenser les mauvaises injections dans certaines fibres optiques.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, 10 l'étape d'étalonnage consiste à :

- isoler chaque zone d'une image d'étalonnage en appliquant le masque, correspondant au motif des fibres, sur cette image d'étalonnage,
- calculer le flux de photon détecté pour chaque zone de 15 l'image d'étalonnage, et
- corriger le biais sur chaque valeur de flux ainsi calculée.

L'image obtenue à l'issue de l'étalonnage pourra servir 20 d'étalon à l'image acquise de façon à obtenir une image acquise pour laquelle toutes les fibres optiques du guide auraient été injectées de la même manière.

De préférence, on réalise le calcul de flux au moyen d'un estimateur du maximum de vraisemblance calculé sur le profil spécifique d'injection de chaque fibre. Par ailleurs, en 25 appliquant également le masque sur une image représentant un fond parasite, on peut calculer le flux de photon détecté pour chaque zone de l'image de fond, on peut soustraire à chaque valeur de flux de chaque zone de l'image d'étalonnage, la valeur de flux de chaque zone de l'image de fond correspondante, et on peut 30 réaliser la correction de biais sur le résultat de cette soustraction.

En d'autres termes, au cours de l'étape d'étalonnage, on réalise les mêmes opérations que lors de la mesure, c'est-à-dire 35 lors du traitement d'une image acquise en temps réel. Seulement, à l'étalonnage on se sert d'une image d'étalonnage faisant largement apparaître le motif des fibres optiques. L'étalonnage permet, après détection des fibres sur l'image témoin, de générer une image dans laquelle le taux d'injection va servir d'étalon lors de la mesure en temps réel. Au cours de la mesure, on

- 7 -

corrige également le taux d'injection sur l'image acquise, et on calibre le flux observé en fonction de l'image étalon de façon à reconstruire une image acquise sans motif des fibres optiques.

Par biais, on entend une composante basse fréquence, cette 5 composante pouvant provenir de diverses causes.

La correction de biais peut être effectuée lors de l'étalonnage et lors de la mesure en temps réel. Pour le premier cas, cela peut venir du fait que l'étalonnage se fait par exemple sur un miroir plan, et que la courbure de champ va réduire la 10 qualité d'injection au retour sur les bords (qui sont défocalisés). Sur l'objet de mesure, ou dans un milieu diffusant homogène, l'injection reste moins bonne sur les bords, et cela se traduit par un biais très similaire au premier quant à sa forme. Le biais peut également provenir d'un problème de vignettage. 15 Généralement, le biais a une symétrie quasi circulaire. L'estimation du biais se fait en divisant l'image en NxN blocs de taille fixe, puis en estimant le biais sur chaque bloc. Pour cela il faut considérer la nature de l'objet observé. Dans le cas d'un objet homogène, le biais peut être acquis en prenant la valeur 20 moyenne ou médiane sur le bloc. Quand il y a un objet, il faut savoir si cet objet est plus sombre ou plus clair que le reste de l'image. A titre d'exemple, le biais peut être multiplicatif, et on prend donc plutôt un opérateur de moyenne ou de médiane (par rapport à un max ou min pour un biais additif). On obtient alors 25 une image de taille NxN qui est utilisée, après interpolation, pour trouver la valeur du biais vue par chaque fibre. On peut utiliser une interpolation bilinéaire par exemple.

La reconstruction mosaïque peut consister à répartir sur toute la surface de chaque zone de l'image acquise, la valeur de 30 flux de chaque zone obtenue à la suite de l'étape de calibrage. On peut ensuite réaliser un filtrage récursif passe-bas de façon à lisser l'image acquise reconstruite.

Selon un mode de mise en œuvre avantageux de l'invention, l'image témoin et l'image d'étalonnage sont identiques.

35 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée d'un mode de mise en œuvre nullement limitatif, et des dessins annexés, sur lesquels :

- 8 -

- La figure 1 est une vue schématique globale du procédé de traitement d'image selon l'invention ;
- La figure 2 est un organigramme détaillant les principales étapes d'un processus d'étalonnage selon 5 l'invention ;
- La figure 3 est un organigramme détaillant les principales étapes d'un processus de mesure selon l'invention ; et
- La figure 4 est un organigramme détaillant les étapes 10 finales prenant en compte les processus d'étalonnage et de mesure pour la reconstruction d'une image acquise sans fibres optiques apparentes selon l'invention.

Sur la figure 1 est représenté un schéma global du procédé selon l'invention.

15 Le procédé peut être scindé en quatre parties : une partie 1 concernant la détection des fibres, une partie 2 d'étalonnage, une partie 3 de mesure, et une partie 4 de reconstruction. Les parties 1 et 2 correspondent au diagramme de la figure 2, alors que la partie 3 correspond au diagramme de la figure 3, et la 20 partie 4 correspond au diagramme de la figure 4.

Sur la figure 1, selon l'invention, lorsqu'on désire acquérir une série d'image, on réalise d'abord une étape d'étalonnage. Pour ce faire, on considère une image témoin 5 à laquelle on fait subir une étape de détection des fibres 6 de 25 façon à obtenir une image 7 des composantes connexes représentant chaque fibre. L'image témoin 5 est une image acquise au moyen d'un système comprenant un guide constitué d'une pluralité de fibres optiques de 10000 à 30000 par exemple. L'image témoin 5 est obtenue de telle sorte que l'on distingue le motif des fibres 30 optiques, c'est à dire de type "boîte à œuf" : sur le profil de l'image, une fibre se traduisant par une petite montagne entourée de col et de vallée. L'image témoin 5 subit une opération de détection des fibres de façon à obtenir une sorte de masque 35 représentant le motif des fibres optiques. Ce masque est l'image 7 des composantes connexes représentant chaque fibre. A chaque niveau de gris représente un index unique désignant une fibre optique dans le guide.

- 9 -

L'image 7 est ensuite utilisée pour l'étalonnage 2 du système d'acquisition d'image. L'étalonnage a pour but de déterminer une image des taux d'injection de photons fibre à fibre. Cette étape d'étalonnage est nécessaire dans la mesure où 5 chaque fibre présente des propriétés physiques légèrement différentes des autres fibres. Il existe donc une certaine disparité concernant la capacité de chaque fibre optique à véhiculer un même flux de photon.

Pour réaliser l'étalonnage 2, on considère une image 8, ci-dessous appelée image miroir, obtenue en plaçant le miroir devant 10 le système optique du guide d'image. Cette image peut également être celle d'un milieu diffusant homogène, d'un milieu fluorescent homogène, ou de la rétro-diffusion propre à l'intérieur du paquet de fibres optique. Cette image 8 peut 15 également être la même image utilisée en 5, c'est à dire l'image témoin. On utilise le masque 7 pour déterminer le flux de photon de l'image miroir 8 vue par chaque fibre optique au cours de l'étape 9. De façon facultative, on peut également, déterminer le flux de photon vu par chaque fibre au cours de l'étape 11 pour 20 une image de fond parasite 10. Cette image 10 peut correspondre à des réflexions parasites sur les optiques du système d'acquisition, mais aussi à l'offset et/ou le bruit électronique dû à la chaîne de numérisation du système d'acquisition. Le calcul de flux de l'étape 11 fait également intervenir le masque 25 7 de façon à identifier la zone correspondante à chaque fibre. A l'étape 12, pour chaque fibre optique, on soustrait la valeur de photon de l'image miroir 8 par la valeur de flux de photon de l'image de fond 10. A l'étape 13 on estime que pour chaque fibre optique, la différence obtenue à l'étape 12 correspond au taux 30 d'injection étalon pour chaque fibre. (étape 13).

A l'étape 14, on réalise une correction de biais sur l'image de l'étape 13. L'image issue de l'étape 14 est donc une image présentant pour chaque zone correspondant à une fibre optique, une valeur de flux de photon étalon et corrigé. Cette image issue 35 de l'étape 14 va servir de référence pour une série d'images acquises en temps réel par le système d'acquisition. Les images acquises et traitées en temps réel subissent le traitement illustré dans les parties 3 et 4.

- 10 -

La partie 3 de mesure reçoit une image acquise 15, typiquement l'image d'un objet de mesure. Comme réalisé dans la partie étalonnage 2, on calcule également ici à l'étape 18 le flux de photon vu par chaque fibre en ce qui concerne l'image acquise 15. Pour ce faire, on utilise le masque 7 de façon à identifier sur l'image acquise 15, la zone correspondant à chaque fibre optique. De façon facultative, on considère une image de fond parasite 16 comme précédemment, qui peut être une image réelle, c'est à dire correspondant au fond de l'image acquise 15 ou alors une image estimée correspondant au parasite du système d'acquisition. Cette image de fond 16 subit également une étape 17 au moyen du masque 7 de façon à déterminer le flux de photon vu par chaque fibre. A l'étape 19 on réalise une soustraction. Le résultat de la soustraction est une image présentant pour chaque zone correspondant à une fibre optique donnée, un flux de photon utile. L'étape 21 est une étape facultative au cours de laquelle on réalise une correction de biais sur l'image 20.

La partie 4 de reconstruction reçoit d'une part l'image 20 corrigée et d'une autre part l'image 13 corrigée (dé-biaisée) de façon à effectuer une opération de calibrage 22 en divisant les flux de l'objet observé (élément issu de l'étape 21) par les flux étalons (élément issu de l'étape 14). A l'étape 22 on réalise également une reconstruction de façon à obtenir une image reconstruite 23 sans motif des fibres optiques apparent.

Sur la figure 2 on voit plus en détail le processus 1 de détection des fibres et le processus 2 d'étalonnage. L'opération 6 de détection des fibres fait intervenir quatre opérations :

- un pré-filtrage,
- une "ligne de partage des eaux" LPE correspondant à 30 une segmentation par région ;
- une correction des segments ayant une surface anormalement grande ; et
- une correction des segments ayant une surface anormalement petite.

Les deux opérations de correction sont interchangeables, et on peut également les effectuer en boucle.

L'opération de pré-filtrage 61 reçoit en entrée l'image témoin 5 et génère une image des fibres filtrées de ces maxima

- 11 -

locaux, et lissées au niveau des zones inter-fibres. Le pré-filtrage fait intervenir une opération d'ouverture morphologique, suivi éventuellement d'une diffusion anisotrope de type scalaire, puis d'une inversion de l'image. Lorsqu'on est en présence de 5 plusieurs images d'un même objet fixe, on peut effectuer un filtrage temporel des images. On peut également effectuer une interpolation au plus proche voisin pour doubler la taille de l'image en vertical et horizontal.

L'image générée par le pré-filtrage 61 subit ensuite une 10 opération de ligne de partage des eaux 62, permettant l'obtention d'une image des composantes connexes des fibres détectées. L'opération de ligne de partage des eaux, de type conventionnel, va permettre de repérer des segments se trouvant au bord de l'image de façon à les retirer du résultat final. On calcule 15 ensuite les caractéristiques de ces segments obtenus (taille moyenne, écart type, voisinage). L'image issue de l'opération 62 va subir deux corrections 63 et 64 successives. L'opération 63 est une correction des segments ayant une surface anormalement grande. Pour ce faire, on sélectionne les segments qui sont à la 20 fois trop gros par rapport à une taille moyenne et qui ont trop de voisins par rapport à une surface normale des fibres. Ces segments sont re-segmentés avec une ligne de partage des eaux soit sur l'image d'origine, soit sur une image de carte de 25 distance à l'intérieur des segments détectés (dans un segment, distance entre chaque pixel et le bord du segment). Puis, on calcule les caractéristiques des segments obtenus (taille moyenne, écart type des tailles).

En 64, on corrige les segments ayant une surface anormalement petite. On calcule aussi le graphe d'adjacence des 30 segments, puis on décide quelles fibres doivent être obligatoirement fusionnées et celles qui sont juste candidates. Dans tous les cas, l'ensemble des fusions possibles est l'ensemble des fusions avec chaque voisine. Pour les fibres obligatoirement fusionnées, on prend la fusion possible qui donne 35 la valeur de compacité la plus petite. Pour les autres qui sont candidates seulement, on utilise successivement trois filtres pour éliminer les fusions qui donnent de mauvais résultats. Le premier filtre vérifie que la taille après fusion n'est pas trop grande. Le second filtre vérifie que la compacité après fusion ne

- 12 -

dépasse pas une valeur maximale. Le dernier filtre vérifie que la fusion améliore la compacité. S'il reste plusieurs fusions, on garde celles qui donnent un résultat de meilleure compacité (la plus petite). Une fois toutes les fusions effectuées sur le 5 graphe d'adjacence, on répercute les résultats sur l'image des composantes connexes, en sortie. Puis on calcule les caractéristiques des segments obtenus (taille moyenne, écart type des tailles). La seconde correction 64 permet de générer l'image des composantes connexes qui va servir de masque pour 10 l'étalonnage 2 et la mesure 3.

La partie droite de la figure 2 concerne un processus d'étalonnage 2 telle que représenté sur la figure 1 mais de façon simplifiée. En effet, sur la figure 2, les opérations optionnelles 10 et 11 n'apparaissent pas.

15 L'étape 91 de masquage, consiste à repérer sur l'image miroir 8, la zone ou surface correspondant à chaque fibre optique du guide. L'image 7 des composantes connexes sert de masque. A l'étape 92, pour chaque fibre optique, on calcule le flux provenant de l'objet observé. Le flux est calculé grâce à 20 l'estimateur du maximum de vraisemblance déterminé sur le profil spécifique d'injection de chaque fibre optique. A l'étape 14, on réalise une correction de biais comme on le verra plus en détails sur la figure 3. A la sortie de l'étape 14, on obtient en 24 pour 25 chaque fibre optique, une valeur étalon du taux d'injection de photons.

Sur la figure 3, on distingue le processus de mesure selon l'invention. Ce processus se fait en temps réel. Sur l'image acquise 15, on repère la zone correspondante à chaque fibre optique en effectuant une opération de masquage 181 au moyen du masque 7. On calcule ensuite en 182, pour chaque fibre, le flux provenant de l'objet observé. Comme précédemment, le calcul est réalisé grâce à l'estimateur du maximum de vraisemblance déterminé sur le profil spécifique d'injection de chaque fibre optique. On effectue les mêmes opérations de masquage 171 et de 30 calcul de flux 172 sur une image de fond parasite 16.

A l'étape 19, pour chaque zone correspondant à une fibre optique, on soustrait le flux de fond (172) du flux de l'image acquise (182).

- 13 -

Si l'image de fond n'est pas fournie et que ce fond existe, il faut le soustraire, on calcule alors un offset et/ou bruit électronique du système de mesure grâce à un quantile sur l'histogramme de l'image acquise 15.

5 On peut ensuite réaliser à l'étape 21 une correction de biais sur l'image issue de la soustraction 19. Dans ce cas, on sépare spatialement en 211 les zones correspondant aux fibres en différents blocs. Dans chacun de ces blocs, on calcul en 212 la valeur du biais grâce à un opérateur donné. Puis en 213, on 10 interpole les valeurs du biais afin d'obtenir une valeur pour chaque fibre. On réalise alors en 214 une division de la valeur du flux vu par chaque fibre par la valeur du biais obtenu.

A l'issue de l'étape 21, on génère une image 25 représentant le flux observé pour chaque fibre.

15 L'ultime étape de reconstruction prend en compte l'image du taux d'injection étalon 24 et l'image de flux observé 25. L'opération de calibrage a pour but de compenser les pertes d'injection en égalisant le taux d'injection de toutes les fibres optiques de façon à avoir une image dont toutes les fibres ont 20 été injecté de la même façon. Pour cela, on divise en 221 l'image de flux observé 25 par l'image du taux d'injection 24.

On réalise ensuite une reconstruction mosaïque en répartissant à l'étape 222 sur toute la surface correspondant à chaque fibre la valeur obtenue après calibrage (division). Afin 25 de donner un aspect plus régulier, on peut effectuer un filtrage 223 passe-bas gaussien par exemple.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

- 14 -
REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement d'image acquise au moyen d'un guide constitué par une pluralité de fibres optiques, caractérisé en ce 5 que, pour chaque fibre optique, on isole sur l'image acquise une zone correspondante à cette fibre optique, on traite localement chaque zone de façon individuelle, puis on reconstruit l'image acquise en éliminant le motif dû aux fibres optiques.

10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour isoler chaque zone, on applique un masque, correspondant au motif des fibres, sur l'image acquise.

15 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le masque, correspondant à une image des composantes connexes représentant chaque fibre, est obtenu au cours d'une étape de détection des fibres à partir d'une image témoin.

20 4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'étape de détection des fibres comprend les étapes suivantes :

- pré-filtrage de l'image témoin,
- segmentation par région,
- correction de segments présentant une surface anormalement grande, et
- 25 - correction de segments présentant une surface anormalement petite.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que les deux étapes de corrections sont interchangeables.

30 6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que les deux étapes de corrections sont réalisées de façon itérative.

35 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que l'étape de pré-filtrage comprend une étape d'ouverture morphologique suivie d'une étape d'inversion d'image.

- 15 -

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'étape d'inversion d'image est précédée d'une étape de diffusion anisotrope de type scalaire.

5 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que le pré-filtrage comprend en outre une étape au cours de laquelle on réalise une interpolation au plus proche voisin pour doubler la taille de l'image en vertical et en horizontal.

10

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, caractérisé en ce que, en présence d'une pluralité d'images d'acquisition, le pré-filtrage comprend en outre une étape de filtrage temporel.

15

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le traitement local de chaque zone consiste à calculer le flux de photon détecté pour chaque zone de l'image acquise, et à corriger le biais sur chaque valeur 20 de flux ainsi calculée.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'on réalise le calcul de flux au moyen d'un estimateur du maximum de vraisemblance calculé sur un profil spécifique 25 d'injection de chaque fibre.

13. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'en appliquant également le masque sur une image représentant un fond parasite, on calcule également le flux de photon détecté 30 pour chaque zone de l'image de fond, et on soustrait à chaque valeur de flux de chaque zone de l'image acquise, la valeur de flux de chaque zone de l'image de fond correspondante, et on réalise la correction de biais sur le résultat de cette soustraction.

35

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que le fond parasite provient du fond de l'image.

- 16 -

15. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que le fond parasite provient du calcul d'un décalage de la chaîne de détection

5 16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 15, caractérisé en ce que la correction de biais consiste à séparer spatialement les fibres en différents blocs, à estimer la valeur de biais dans chaque bloc, à interpoler les valeurs des biais de façon à obtenir une valeur de biais pour chaque fibre, 10 et à diviser, pour chaque zone, la valeur de flux obtenue à l'étape précédente par la valeur de biais correspondante ainsi obtenue.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 précédentes, caractérisé en ce que la reconstruction de l'image acquise fait intervenir une étape de calibrage pour calibrer le flux de l'image acquise, après traitement local, et une étape de reconstruction mosaïque.

20 18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que pour le calibrage et pour chaque zone de l'image acquise, on divise la valeur du flux obtenue après traitement local par une valeur de flux obtenue à la suite d'une étape d'étalonnage.

25 19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que l'étape d'étalonnage consiste à :

- isoler chaque zone d'une image d'étalonnage en appliquant le masque, correspondant au motif des fibres, sur cette image d'étalonnage,
- 30 - calculer le flux de photon détecté pour chaque zone de l'image d'étalonnage, et
- corriger le biais sur chaque valeur de flux ainsi calculée.

20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'on réalise le calcul de flux au moyen d'un estimateur du maximum de vraisemblance calculé sur le profil spécifique d'injection de chaque fibre.

- 17 -

21. Procédé selon la revendication 18 ou 19, caractérisé en ce qu'en appliquant également le masque sur une image représentant un fond parasite, on calcule également le flux de photon détecté pour chaque zone de l'image de fond, on soustrait 5 à chaque valeur de flux de chaque zone de l'image d'étalonnage, la valeur de flux de chaque zone de l'image de fond correspondante, et on réalise la correction de biais sur le résultat de cette soustraction.

10 22. Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que le fond parasite provient du fond de l'image.

23 Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que le fond parasite provient du calcul d'un décalage et du bruit de 15 la chaîne de détection.

24. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 23, caractérisé en ce que la reconstruction mosaïque consiste à répartir sur toute la surface de chaque zone de l'image acquise, 20 la valeur de flux de chaque zone obtenue à la suite de l'étape de calibrage.

25 Procédé selon la revendication 24, caractérisé en ce qu'on réalise un filtrage passe-bas de façon à rendre plus 25 régulière l'image acquise reconstruite.

26. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est une image obtenue en plaçant un miroir face au guide.

30

27. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est une image obtenue à partir d'un milieu diffusant homogène.

35

28. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est une image obtenue à partir d'un milieu fluorescent homogène

- 18 -

29. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est une image obtenue à partir de la retro-diffusion à l'intérieur du paquet de fibres optiques constituant le guide.

5

30. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est l'image acquise.

10 31. Procédé selon l'une quelconque des revendications 19 à 30, caractérisé en ce que l'image témoin et l'image d'étalonnage sont identiques.

15 32. Appareil d'acquisition d'image au moyen d'un guide constitué par une pluralité de fibres optiques, et mettant en œuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pour chaque fibre optique, il comprend :

- des moyens pour isoler sur l'image acquise une zone correspondante à cette fibre optique,
- 20 - des moyens pour traiter localement chaque zone de façon individuelle, et
- des moyens pour reconstruire l'image acquise en éliminant le motif dû aux fibres optiques.

25 33. Appareil selon la revendication 32, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour modifier le taux d'échantillonnage, la qualité d'injection dans les fibres optiques, et le réglage d'une chaîne de détection afin de garantir un profil "boîte à œufs".

30

34. Application du procédé de traitement d'image selon l'une quelconque des revendications précédentes pour l'un des domaines suivants :

- le contrôle de la rugosité de la surface du guide;
- 35 - le recalage des images, ou la stabilisation de l'image;
- la super-résolution d'une image acquise;
- la quantification des images; et
- le contrôle temporel des paramètres internes de l'appareil d'acquisition.

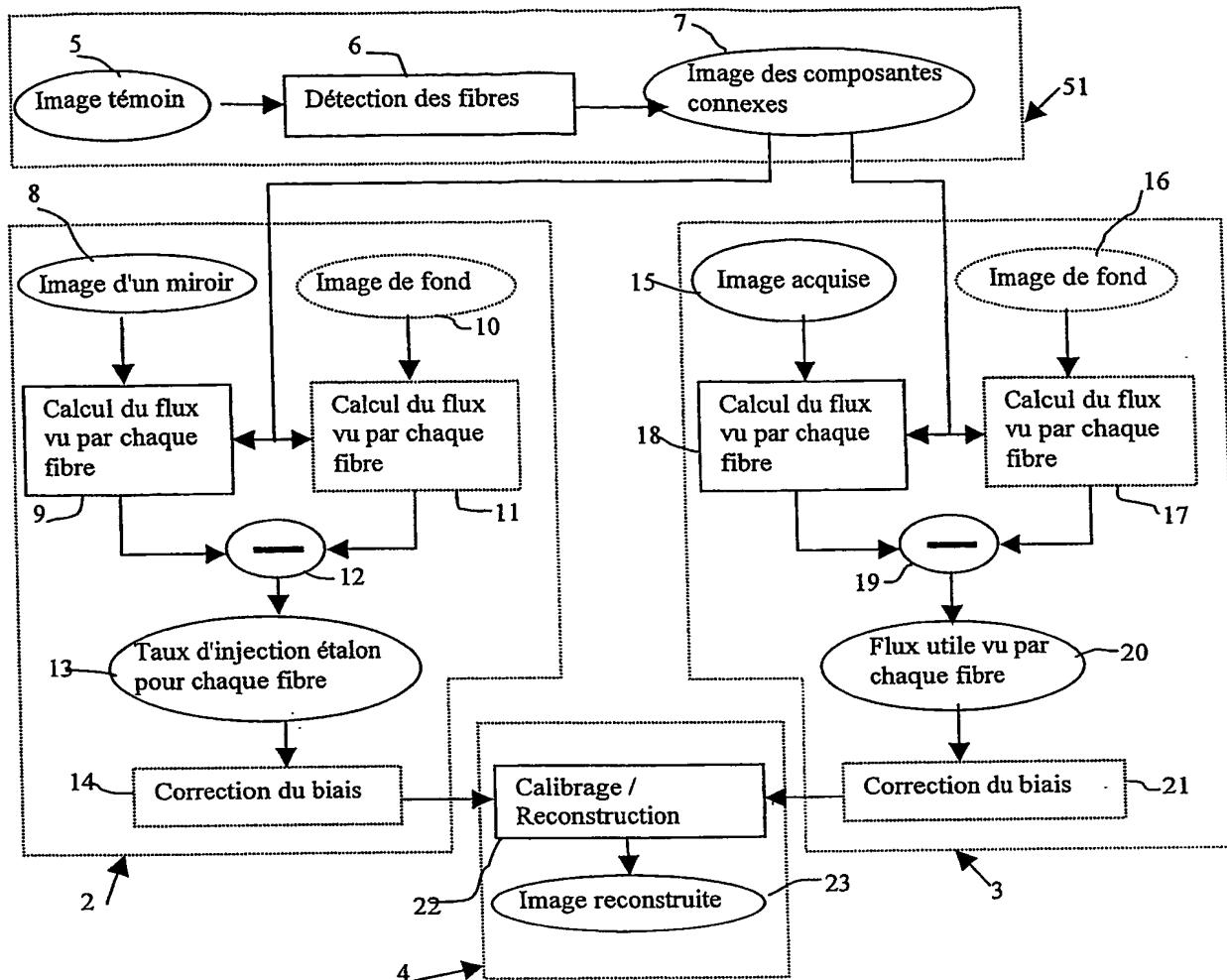


FIGURE 1 X

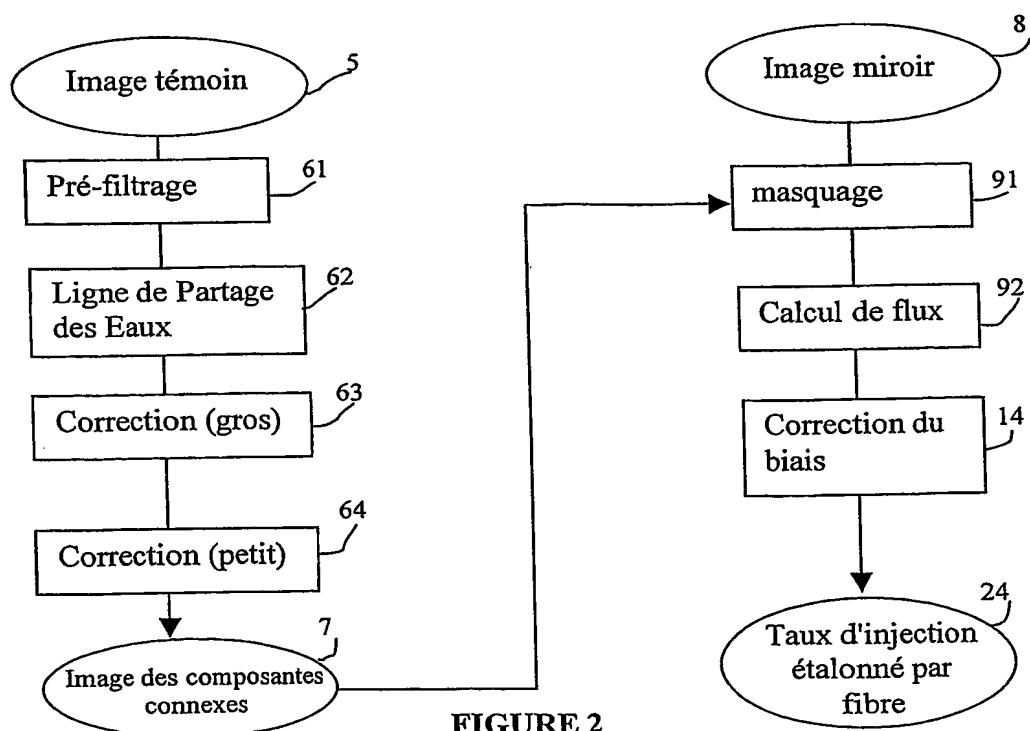
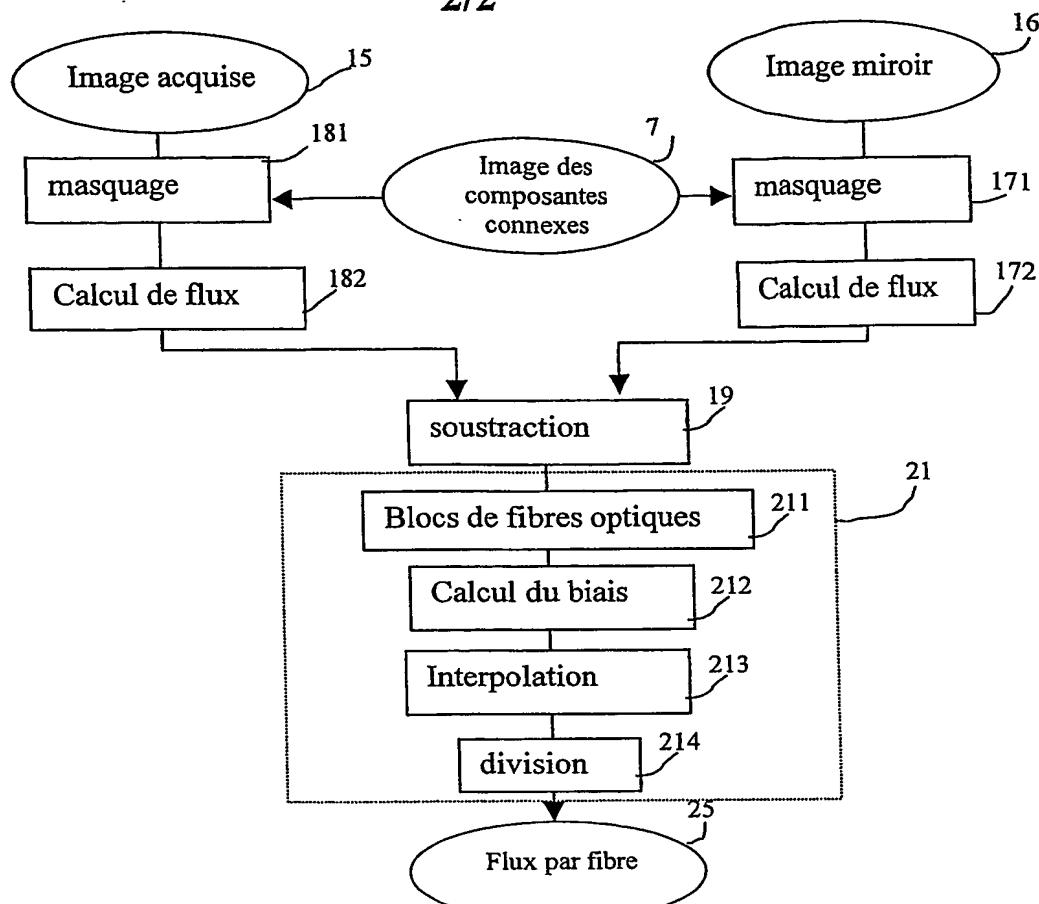
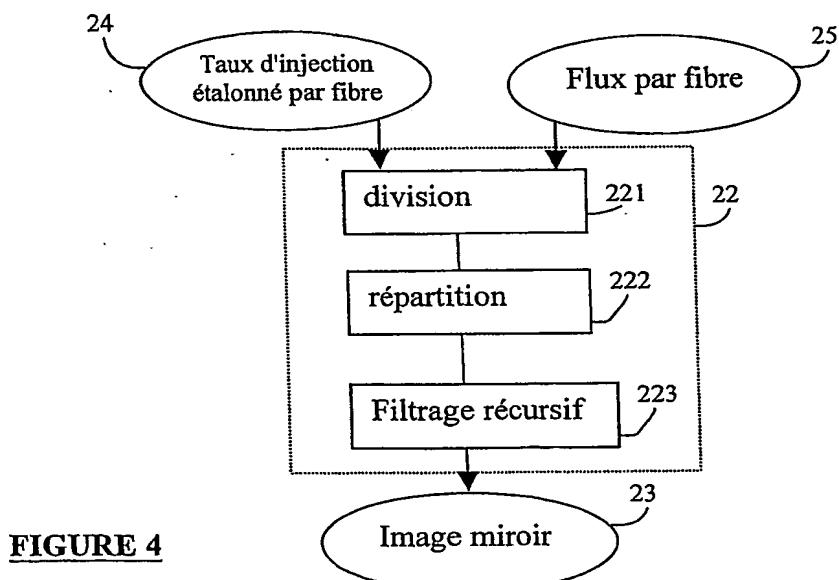


FIGURE 2

2/2

**FIGURE 3****FIGURE 4**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 03/02197

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G06T5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 97 42600 A (ANDROMIS S A) 13 November 1997 (1997-11-13) abstract page 4, line 1 - line 24 page 6, line 16 -page 7, line 6	1-34
A	US 5 257 100 A (IKUNO YUJI ET AL) 26 October 1993 (1993-10-26) abstract column 1, line 56 -column 2, line 23 column 6, line 1 -column 7, line 25 -/-	1-34

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 November 2003

Date of mailing of the international search report

30/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gonzalez Ordonez, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/02197

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CHAO ZHANG ET AL: "Nonlinear distortion correction in endoscopic video images" IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, vol. 2, 10 September 2000 (2000-09-10), pages 439-442, XP010530017 abstract page 439, paragraph 2 page 440, paragraph 3; figure 3	1-34

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 03/02197

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 9742600	A	13-11-1997	WO 9742600 A1 US 6157748 A US 5878159 A		13-11-1997 05-12-2000 02-03-1999
US 5257100	A	26-10-1993	JP 4138127 A		12-05-1992

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 03/02197

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G06T5/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 G06T

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

WPI Data, EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 97 42600 A (ANDROMIS S A) 13 novembre 1997 (1997-11-13) abrégé page 4, ligne 1 - ligne 24 page 6, ligne 16 -page 7, ligne 6 ---	1-34
A	US 5 257 100 A (IKUNO YUJI ET AL) 26 octobre 1993 (1993-10-26) abrégé colonne 1, ligne 56 -colonne 2, ligne 23 colonne 6, ligne 1 -colonne 7, ligne 25 ---	1-34

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 novembre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

30/12/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Gonzalez Ordonez, 0

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 03/02197

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	CHAO ZHANG ET AL: "Nonlinear distortion correction in endoscopic video images" IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, vol. 2, 10 septembre 2000 (2000-09-10), pages 439-442, XP010530017 abrégé page 439, alinéa 2 page 440, alinéa 3; figure 3 -----	1-34

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 03/02197

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 9742600	A 13-11-1997	WO 9742600 A1		13-11-1997
		US 6157748 A		05-12-2000
		US 5878159 A		02-03-1999
US 5257100	A 26-10-1993	JP 4138127 A		12-05-1992